

Metode uji pH tanah

Standard test method for pH of soils

(ASTM D 4972-01 (2007), IDT)





© ASTM 2007 – All rights reserved

© BSN 2015 untuk kepentingan adopsi standar © ASTM menjadi SNI – Semua hak dilindungi

Hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh isi dokumen ini dengan cara dan dalam bentuk apapun serta dilarang mendistribusikan dokumen ini baik secara elektronik maupun tercetak tanpa izin tertulis BSN

BSN
Email: dokinfo@bsn.go.id
www.bsn.go.id

Diterbitkan di Jakarta

Daftar isi

Daftar isi.....	i
Prakata	ii
Pendahuluan.....	iii
1 Ruang lingkup.....	1
2 Dokumen acuan.....	1
3 Terminologi	1
4 Ringkasan metode uji	1
5 Arti dan kegunaan.....	3
6 Gangguan-gangguan.....	3
7 Peralatan	3
8 Bahan-bahan pereaksi.....	5
9 Kalibrasi pH Meter	5
10 Prosedur	5
11 Laporan.....	7
12 Presisi dan bias	7
13 Kata Kunci	9
REFERENSI	11

Prakata

Standar Nasional Indonesia mengenai “Metode uji pH tanah” merupakan revisi dari SNI 03-6787-2002, Metode pengujian pH tanah dengan alat pH meter. Standar ini merupakan adopsi identik melalui metode terjemahan dari standar ASTM D 4972-01 (2007), *Standard test method for pH of soils*, dan diterbitkan dalam dua bahasa.

SNI ini direvisi karena masih diperlukan dan sudah berumur lebih dari lima tahun dan sebagai penyesuaian dengan ketentuan mengenai adopsi standar ASTM secara identik. Penulisan SNI ini disusun sesuai dengan ketentuan yang diberikan dalam Pedoman Standardisasi Nasional (PSN) 10 tahun 2012 tentang Adopsi standar American Society for Testing and Material menjadi Standar Nasional Indonesia.

Standar ini menggunakan acuan normatif ASTM C 670 *Practice for Preparing Precision and Bias Statements for Test Methods for Construction Material* yang telah diadopsi menjadi SNI 03-6865-2002 *Tata cara pelaksanaan program uji antar laboratorium untuk penentuan presisi metode uji bahan konstruksi*.

Standar ini disusun oleh Komite Teknis 91-01 Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil, di Sub Komite Teknis 91-01-S1 Bidang Sumber Daya Air dan telah dibahas pada rapat konsensus tanggal 26 April 2011 di Bandung dengan melibatkan wakil dari pemerintah, produsen, konsumen, pakar akademis dan peneliti serta instansi teknis terkait lainnya serta melalui jajak pendapat tanggal 15 September 2014 sampai 14 November 2014.

Pendahuluan

Standar ini digunakan untuk mengukur derajat keasaman atau kebasaan tanah sebagai nilai pH yang berguna untuk identifikasi potensi kelarutan mineral dan ion tanah yang diuji. Standar ini juga banyak digunakan dalam pengujian untuk mengetahui parameter fisik tanah terhadap keasaman atau kebasaan tanah yang bermanfaat dalam konstruksi bangunan bidang infrastruktur, bidang pertanian, lingkungan dan sumber daya alam dan dampaknya terhadap lingkungan

Standar ini diperlukan karena dalam mendapatkan nilai pH sangat tergantung atau dipengaruhi metode yang digunakan. Dengan adanya standar ini, maka dalam menentukan nilai pH tanah terjadi keseragaman metode dan prosedur penggunaannya.



Metode uji pH tanah

1 Ruang lingkup

1.1 Metode uji ini meliputi pengukuran pH tanah yang digunakan bukan untuk pengujian korosi melainkan pengujian bidang infrastruktur, bidang pertanian, lingkungan dan bidang sumber daya alam. Pengukuran ini menentukan derajat keasaman atau kebasaan material tanah yang tersuspensi dalam air dan dalam larutan kalsium klorida 0,01 M. Pengukuran pada kedua cairan tersebut biasa digunakan untuk menentukan pH tanah. Variabel ini berguna dalam menentukan kelarutan tanah mineral dan mobilitas ion dalam tanah dan menilai kelangsungan hidup lingkungan tanah dan tanaman. Pembahasan lebih rinci tentang kegunaan dari parameter ini tidak dijabarkan di sini, namun ditemukan dalam banyak diskusi tentang hal tersebut. Beberapa pembahasan semacam itu diberikan sebagai Referensi (1-6) pada akhir teks.

1.2 Nilai-nilai yang diberikan dalam satuan SI harus dianggap sebagai standar.

1.3 Standar ini tidak dimaksudkan untuk mengatasi masalah-masalah keselamatan, jika ada, sehubungan dengan penggunaannya. Pemakai standar ini bertanggung jawab untuk menetapkan cara-cara keselamatan dan kesehatan, dan menentukan batas penerapan aturan sebelum menggunakannya.

2 Dokumen acuan

2.1 Standar ASTM:

C 670 *Practice for Preparing Precision and Bias Statements for Test Methods for Construction Material*

D 653 *Terminology Relating to Soil, Rock and Contained Fluids*

D 1193 *Specification for Reagent Water*

D 3740 *Practice for Minimum Requirements for Agencies Engaged in the Testing and/or Inspection of Soil and Rock as Used in Engineering Design and Construction*

G 51 *Test Method for pH of Soil for Use in Corrosion Testing*

3 Terminologi

3.1 Definisi:

3.1.1 Untuk definisi umum istilah yang digunakan dalam standar ini, mengacu kepada terminologi ASTM D 653.

4 Ringkasan metode uji

4.1 Pengukuran pH tanah, baik pada suspensi air maupun larutan kalsium klorida dilakukan dengan potensiometer, baik yang menggunakan sistem elektrode yang sensitif terhadap pH (Metode A), atau kertas sensitif terhadap pH (Metode B). Potensiometer dikalibrasi dengan bufer dari pH yang telah diketahui. Pengukuran dengan kertas sensitif pH merupakan pengukuran yang kurang akurat dan sebaiknya hanya digunakan untuk perkiraan kasar pH tanah. Pengukuran dengan elektrode harus digunakan kecuali pengukuran telah ditentukan dengan kertas sensitif pH.

Standard test method for pH of soils

1. Scope

1.1 This test method covers the measurement of the pH of soils for uses other than for corrosion testing. Such measurements are used in the agricultural, environmental, and natural resources fields. This measurement determines the degree of acidity or alkalinity in soil materials suspended in water and a 0.01 *M* calcium chloride solution. Measurements in both liquids are necessary to fully define the soil's pH. This variable is useful in determining the solubility of soil minerals and the mobility of ions in the soil and assessing the viability of the soil-plant environment. A more detailed discussion of the usefulness of this parameter is not warranted here; however, it can be found in many discussions of the subject. A few such discussions are given as Refs (1-6) at the end of the text.

1.2 The values given in SI units are to be regarded as the standard.

1.3 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:

C 670 Practice for Preparing Precision and Bias Statements for Test Methods for Construction Materials
 D 653 Terminology Relating to Soil, Rock, and Contained Fluids
 D 1193 Specification for Reagent Water
 D 3740 Practice for Minimum Requirements for Agencies Engaged in the Testing and/or Inspection of Soil and Rock as Used in Engineering Design and Construction
 G 51 Test Method for Measuring pH of Soil for Use in Corrosion Testing

3. Terminology

3.1 Definitions:

3.1.1 For common definitions of terms used in this standard, refer to Terminology D 653.

4. Summary of Test Method

4.1 Measurement of the pH of soils in both suspensions of water and a calcium chloride solution are made with either a potentiometer using a pH sensitive electrode system (Method A), or pH sensitive paper (Method B). The potentiometer is calibrated with buffer solutions of known pH. The pH sensitive paper is a less accurate measurement and should only be used for a rough estimate of the soil pH. The electrode must be used for this measurement unless the pH sensitive paper is specified.

5 Arti dan kegunaan

5.1 pH tanah adalah variabel yang berguna dalam menentukan kelarutan mineral tanah dan mobilitas ion-ion di dalam tanah untuk kelangsungan hidup lingkungan tanah dan tanaman.

5.2 Pengukuran pH dilakukan baik dalam air maupun larutan kalsium klorida karena kalsium menggantikan beberapa aluminium yang dapat dipertukarkan. Kekuatan ion rendah bertentangan dengan efek pengenceran pada saat keseimbangan berubah dengan cara mengatur konsentrasi garam larutan lebih mendekati dengan yang diharapkan pada larutan tanah. Nilai pH yang diperoleh dalam larutan kalsium klorida sedikit lebih rendah daripada pengukuran dalam air karena terjadi pelepasan ion aluminium lebih yang kemudian mengalami hidrolisis. Oleh karena itu, kedua pengukuran sepenuhnya diperlukan untuk menentukan karakter pH tanah.

5.3 Untuk pengujian ini, tanah harus disaring dengan menggunakan ayakan no. 10 (ayakan 2 mm). Pengukuran pada tanah atau fraksi tanah yang mempunyai ukuran partikel lebih besar dari 2 mm dalam metode ini mungkin tidak valid. Jika tanah atau fraksi tanah dengan partikel yang lebih besar dari 2 mm yang digunakan, maka harus dinyatakan dalam laporan jika hasilnya berbeda cukup signifikan.

5.4 Semua air yang digunakan untuk metode uji ini harus sesuai dengan ASTM tipe III. Type III dinyatakan dengan spesifikasi pada ASTM D 1193. Air ini disiapkan dengan penyulingan, pertukaran ion, osmosis balik atau kombinasi dari semuanya.

6 Gangguan-gangguan

6.1 Metode uji yang diukur dengan alat pH berpotensi mengalami gangguan yang disebabkan efek suspensi atau potensi sedimentasi. Pengguna yang tertarik pada pembahasan detail tentang mekanisme efek ini dapat menemukannya dalam Referensi (5) dan (6).

6.2 Efek gangguan ini merupakan alasan utama mengapa ASTM G 51 tidak dapat digunakan untuk pengukuran pH secara umum, kecuali untuk analisis korosi. ASTM G 51 mengukur pH (parameter untuk yang berair) tanpa menambahkan fasa air pada tanah. Hasil pengukuran akibat kontak partikel tanah dengan alat secara berlebihan dapat menyebabkan aktivitas ion hidrogen dalam larutan menjadi berlebih sehingga tidak dapat diterima dalam analisis tanah pada umumnya.

6.3 Efek suspensi dapat dikurangi dengan mengikuti petunjuk seperti pada 10.1

7 Peralatan

7.1 Metode A, pH Meter

Alat potensiometer dilengkapi dengan sistem elektrode gelas calomel. Ikuti instruksi manual alat pengukur pH meter yang dikeluarkan dari pabrik. Sebuah perak/perak klorida sistem elektrode atau yang serupa dapat digunakan.

7.2 Metode B, Kertas pH

Kertas pH sensitif terhadap kisaran pH antara 1 hingga 12, dengan ketelitian mendekati pH 0,2.

5. Significance and Use

5.1 The pH of the soil is a useful variable in determining the solubility of soil minerals and the mobility of ions in the soil and assessing the viability of the soil-plant environment.

5.2 pH measurements are made in both water and a calcium chloride solution because the calcium displaces some of the exchangeable aluminum. The low ionic strength counters the dilution effect on the exchange equilibrium by setting the salt concentration of the solution closer to that expected in the soil solution. The pH values obtained in the solution of calcium chloride are slightly lower than those measured in water due to the release of more aluminum ions which then hydrolyses. Therefore, both measurements are required to fully define the character of the soil's pH.

5.3 For the purpose of this test method the test soil must be sieved through a No. 10 sieve (2 mm sieve mesh openings). Measurements on soils or soil fractions having particle sizes larger than 2 mm by this test method may be invalid. If soil or soil fractions with particles larger than 2 mm are used, it must be stated in the report since the results may be significantly different.

5.4 All water used for this test method must be ASTM Type III or better. Type III water is defined by Specification D 1193. It is prepared by distillation, ion exchange, reverse osmosis, or a combination thereof.

6. Interferences

6.1 This test method as measured by a pH probe has possible interferences due to a suspension effect or sedimentation potential. Users interested in a detailed discussion of the mechanism of this effect can find it in Refs (5) and (6).

6.2 This effect is the main reason Test Method G 51 can not be used for general measurement of pH outside of that for corrosion analysis. Test Method G 51 measures pH (an aqueous parameter) without adding any aqueous phase to the soil. This results in excessive soil particle-pH probe contact that overestimates the activity of the hydrogen ions in solution and is therefore unacceptable for general soil analysis.

6.3 The suspension effect can be mitigated by careful attention to 10.1.

7. Apparatus

7.1 *Method A, pH Meter*—Potentiometer equipped with glass-calomel electrode system. Follow the manufacturer's instructions for the pH meter used. A silver/silver chloride electrode system or similar is also acceptable.

7.2 *Method B, pH Paper*—pH paper sensitive to a pH range from 1 to 12, with resolution to the nearest 0.2 pH unit.

8 Bahan-bahan pereaksi

8.1 Kemurnian pereaksi - pereaksi kimia dapat digunakan dalam semua pengujian. Kecuali dinyatakan secara lain, hal ini dimaksudkan bahwa semua pereaksi harus sesuai dengan spesifikasi dari *Committee on Analytical Reagents of the American Chemical Society*, spesifikasi seperti itu tersedia. Tingkat kemurnian lain dapat digunakan, dengan syarat bahwa kemurnian pereaksi diijinkan untuk digunakan tanpa mengurangi keakuratannya.

8.2 Kemurnian air - Semua air yang digunakan untuk metode pengujian ini harus sesuai dengan ASTM tipe III sesuai dengan spesifikasi ASTM D 1193. Air ini disiapkan dengan destilasi, pertukaran ion, osmosis balik atau kombinasi dari semuanya.

8.3 Larutan Bufer Asam Kalium Ftalat (0,05 M) - Larutkan 10,21 g (dikeringkan selama 1 jam pada 105°C) *Kalium Ftalat* dalam air dan diencerkan hingga 1 L. pH larutan ini harus 4,0 pada 20°C. Lindungi larutan dari penguapan dan kontaminasi terhadap cetakan. Pindahkan larutan dengan memperhatikan cetakan maka efek temperaturnya mengikuti ketentuan sebagai berikut:

°C	pH
5 sampai 37	4,0

Hal ini menggambarkan bahwa pH larutan tidak berubah selama rentang temperatur 5°C sampai 37°C.

8.4 Larutan induk Kalsium Klorida (1,0 M) – Larutkan 147 g $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ dengan air dalam labu ukur volume 1 L, dinginkan, encerkan dengan air, dan aduk.

8.5 Larutan Kalsium Klorida (0,01 M) - Encerkan 20,0 mL dari larutan induk 1,0 M CaCl_2 untuk 2 L air. pH larutan ini harus antara 5 dan 7.

8.6 Larutan Bufer Fosfat (0,025 M) - Larutkan 3,40 g KH_2PO_4 dan 3,55 g KH_2HPO_4 dalam air dan encerkan hingga 1 L. Keringkan garam selama 2 jam pada temperatur 130°C sebelum digunakan. pH larutan ini harus 6,9 pada 20°C. Efek temperatur adalah sebagai berikut:

°C	pH
0	7,0
10	6,9
20	6,9
30	6,8
40	6,8

9 Kalibrasi pH Meter

9.1 Kalibrasi pH meter dengan menggunakan larutan asam kalium ftalat dan larutan bufer fosfat. Penetapan nilai pH meter harus mengikuti petunjuk manual alat.

10 Prosedur

10.1 Ketika melakukan pengukuran dengan elektrode pH, tempatkan elektrode ke dalam suspensi yang sebagian telah mengendap untuk mengurangi efek suspensi tersebut.

8. Reagents

8.1 *Purity of Reagents*—Reagent grade chemicals should be used in all tests. Unless otherwise indicated, it is intended that all reagents should conform to the specifications of the Committee on Analytical Reagents of the American Chemical Society, where such specifications are available. Other grades may be used, provided it is first ascertained that the reagent is of sufficient purity to permit its use without lessening the accuracy of the determination.

8.2 *Purity of Water*—All water used for this test method must be ASTM Type III or better. Type III water is defined by Specification D 1193. It is prepared by distillation, ion exchange, reverse osmosis, or a combination thereof.

8.3 *Acid Potassium Phthalate Buffer Solution (0.05 M)*—Dissolve 10.21 g (dried 1 h at 105°C) of potassium phthalate in water and dilute to 1 L. The pH of this solution should be 4.0 at 20°C. Protect the solution against evaporation and against contamination with molds. Replace the solution when mold is noticed. The effect of temperature is as follows:

°C	pH
5 to 37	4.0

This illustrates that the pH of the solution does not change over the range in temperature from 5 to 37°C.

8.4 *Calcium Chloride Stock Solution (1.0 M)* — Dissolve 147 g of $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ in water in a 1-L volumetric flask, cool, dilute to volume with water, and mix.

8.5 *Calcium Chloride Solution (0.01 M)* — Dilute 20.0 mL of stock 1.0 M CaCl_2 solution to 2 L with water. The pH of this solution should be between 5 and 7.

8.6 *Phosphate Buffer Solution (0.025 M)* — Dissolve 3.40 g of KH_2PO_4 and 3.55 g of KH_2HPO_4 in water and dilute to 1 L. Dry salts 2 h at 130°C before use. The pH of this solution should be 6.9 at 20°C. The effect of temperature is as follows:

°C	pH
0	7.0
10	6.9
20	6.9
30	6.8
40	6.8

9. Calibration of pH Meter

9.1 Calibrate the pH meter using the acid potassium phthalate and phosphate buffer solutions. Adjustment of the pH meter should follow the manufacturer's direction.

10. Procedure

10.1 When making measurements with the pH electrode, place the electrode into the partially settled suspension to mitigate the suspension effect.

10.2 Untuk kedua metode, mulailah dengan tanah kering udara yang telah diayak melalui ayakan no. 10 (ayakan 2 mm) untuk menghilangkan tanah kasar. Pengeringan tanah dengan udara diperlukan untuk mencapai pengayakan dan untuk mengontrol jumlah air yang ada pada waktu pengukuran.

10.3 Nilai pH dalam air suling - Bila digunakan kedua metode tersebut, timbang kira-kira 10 g tanah kering udara. Masukkan tanah ke dalam gelas ukur dan tambahkan sekitar 10 mL air. Campurkan secara merata dan diamkan selama 1 jam.

10.4 Metode A

Baca pH pada pH meter.

10.5 Metode B

Baca pH pada kertas pH.

10.6 pH dalam larutan Kalsium Klorida 0,01M

Untuk kedua metode timbang kira-kira 10 g tanah kering udara. Tempatkan tanah ke dalam gelas ukur dan tambahkan sekitar 10 mL larutan CaCl_2 0,01 M. Campurkan secara merata dan diamkan selama 1 jam.

10.7 Metode A

Baca pH pada pH meter.

10.8 Metode B

Baca pH pada kertas pH.

10.9 Campuran harus berada di sekitar temperatur kamar (15°C sampai 25°C) pada saat pengukuran pH.

11 Laporan

11.1 Nyatakan pH tanah dengan digit desimal pertama. Sebutkan nilai pH pengukuran dari dalam air dan dalam larutan kalsium karbonat, sebutkan juga metode pengukurannya, A atau B. Jika ukuran partikel tanah yang digunakan bukan ukuran lolos ayakan no. 10, harus dinyatakan dalam laporan karena hasilnya mungkin berbeda secara signifikan.

12 Presisi dan bias

12.1 Ketepatan:

12.1.1 Ketepatan di laboratorium - Deviasi standar laboratorium untuk Metode A adalah $S_{\text{pH}} < 0,031$ (satuan pH) untuk campuran air dan $0,139^5$ (satuan pH) untuk campuran kalsium klorida. Oleh karena itu, hasil dari dua pengujian yang dilakukan baik di laboratorium yang sama atau berbeda tidak boleh berbeda lebih dari $0,065^5$ (satuan pH) untuk campuran air dan pH 0,389 unit untuk campuran kalsium klorida. Standar deviasi untuk Metode B adalah 0,189 (satuan pH) untuk campuran air dan $0,212^5$ (satuan pH) untuk campuran kalsium klorida. Oleh karena itu, hasil dari dua tes yang dilakukan baik di laboratorium yang sama atau berbeda tidak boleh berbeda lebih dari $0,53^5$ (satuan pH) untuk campuran air dan 0,60 satuan pH untuk campuran kalsium klorida.

12.1.1.1 Ketepatan Metode A ditentukan oleh *National Technical Center of the United States Department of Agriculture*. Dalam evaluasinya, *National Technical Center of the United States Department of Agriculture* menggunakan 174 replikasi untuk campuran air dan 32 replikasi dalam menguji campuran kalsium klorida.

10.2 For both methods, begin with an air dried soil that has been sieved through a No.10 sieve (2 mm holes) to remove the coarser soil fraction. Air drying the soil is necessary to accomplish sieving and to control the amount of water present at the time of measurement.

10.3 *pH in Distilled Water*—For both methods, weigh out approximately 10 g of air dried soil. Place the soil into a glass container and add approximately 10 mL of water. Mix thoroughly and let stand for 1 h.

10.4 *Method A*—Read pH on pH meter.

10.5 *Method B*—Read pH on pH paper.

10.6 *pH in 0.01 M Calcium Chloride Solution*—For both methods weigh out approximately 10 g of air dried soil. Place the soil into a glass container and add approximately 10 mL of the 0.01 M CaCl₂ solution. Mix thoroughly and let stand for 1 h.

10.7 *Method A*—Read pH on pH meter.

10.8 *Method B*—Read pH on pH paper.

10.9 The mixture should be at approximately room temperature (15 to 25°C) at the time of pH measurement.

11. Report

11.1 Report the pH of the soil to the first decimal place. Specify which of the pH measurements is in water and which is in the calcium chloride solution. Also specify whether the determinations were made with Method A or Method B. If size fractions other than sieved through the No. 10 sieve are used, it must be stated in the report since the results may be significantly different.

12. Precision and Bias

12.1 Precision:

12.1.1 *Within-Laboratory Precision*—The within laboratory standard deviations for Method A are 0.031 (pH units) for the water mixture and 0.139⁵ (pH units) for the calcium chloride mixture. Therefore, results of two properly conducted tests in the same or different laboratories should not differ by more than 0.065⁵ (pH units) for the water mixture and 0.389 pH units for the calcium chloride mixture. The within-laboratory standard deviations for Method B are 0.189 (pH units) for the water mixture and 0.212⁵ (pH units) for the calcium chloride mixture. Therefore, results of two properly conducted tests in the same or different laboratories should not differ by more than 0.53⁵ (pH units) for the water mixture and 0.60 pH units for the calcium chloride mixture.

12.1.1.1 The precision of Method A presented was determined by the National Technical Center of the United States Department of Agriculture. In their evaluation they used 174 replicates for the water mixture and 32 replicates in testing the calcium chloride mixture.

12.1.1.2 Ketelitian Metode B ditentukan oleh *United States Army Environmental Hygiene Agency*. Dalam evaluasi digunakan 25 pengulangan untuk masing-masing pengujian.

12.1.2 Ketepatan antar laboratorium - deviasi standar antar laboratorium belum ditentukan untuk kedua metode. Sub Panitia Teknis D 18.22 aktif mencari data untuk mengevaluasi ketelitian antara laboratorium metode uji ini.

12.2 Bias - Tidak ada nilai rujukan yang disepakati untuk metode uji ini, oleh karena itu bias tidak dapat ditentukan.

13 Kata Kunci

13.1 Keasaman; kebiasaan; pH; reaksi; tanah.



12.1.1.2 The precision of Method B presented was determined by the United States Army Environmental Hygiene Agency. In their evaluation they used 25 replicates in testing beach mixture.

12.1.2 *Between-Laboratory Precision*—The betweenlaboratory standard deviation has not been determined for either method. Subcommittee D18.22 is actively seeking data to evaluate the between laboratory precision of this test method.

12.2 *Bias*—There is no accepted reference value for this test method; therefore, bias cannot be determined.

13. Keywords

13.1 acidity; alkalinity; pH; reaction; soil



REFERENSI

- (1) Garrels, R.M., and Christ, C.L., *Solutions, Minerals and Equilibria*, Freeman Cooper, San Francisco, CA, 1965.
- (2) Greenland, D.J., and Hayes, M.H.B, *The Chemistry of Soil Processes*, Wiley, New York, NY, 1981.
- (3) Sposito, G., *The Thermodynamics of Soil Solutions*, Claredon, Oxford, United Kingdom, 1981.
- (4) Davies, J.T., and Rideal, E.K., *Interfacial Phenomena*, Academic, New York, NY, 1963.
- (5) Hunter, R.J., *Zeta Potential in Colloid Science*, Academic, New York, NY, 1981.
- (6) Perrin, D.D., and Dempsey, B., *Buffers for pH Metal Ion Control*, Chapman and Hall, London, United Kingdom, 1974.



REFERENCES

- (1) Garrels, R. M., and Christ, C. L., *Solutions, Minerals, and Equilibria*, Freeman Cooper, San Francisco, CA, 1965.
- (2) Greenland, D. J., and Hayes, M. H. B., *The Chemistry of Soil Processes*, Wiley, New York, NY, 1981.
- (3) Sposito, G., *The Thermodynamics of Soil Solutions*, Clarendon, Oxford, United Kindom, 1981.
- (4) Davies, J. T., and Rideal, E. K., *Interfacial Phenomena*, Academic, New York, NY, 1963.
- (5) Hunter, R. J., *Zeta Potential in Colloid Science*, Academic, New York, NY, 1981.
- (6) Perrin, D. D., and Dempsey, B., *Buffers for pH and Metal Ion Control*, Chapman and Hall, London, United Kindom, 1974.

